



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# KONSTRUKCE VÍCEÚČELOVÉHO VERTIKÁLNÍHO GRILU

CONSTRUCTION OF A MULTI-PURPOSE VERTICAL GRILL

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Procházka

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dana Foltýnová

BRNO 2021



## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	<b>Jan Procházka</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Dana Foltýnová</b>
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Konstrukce víceúčelového vertikálního grilu**

#### **1 Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Grilování spočívá v přímém působení žáru na pokrm. U vertikálního grilu se jedná především o gyros, kuřata nebo špízy. Při tomto způsobu grilování je nezbytné připravovaný pokrm otáčet. Kvalitní grily jsou běžně k dostání v různém provedení a velikostech, ale jsou pro domácí použití poměrně drahé. Náplní práce bude tedy konstrukce grilu pro zahradní použití s elektrickým pohonem, s plynulou změnou otáček i směru otáčení.

Typ práce: vývojová – konstrukční

## **2 Cíle bakalářské práce:**

Hlavním cílem je návrh a konstrukce vertikálního grilu s dvěma vyměnitelnými nadstavci pro grilování masa na gyros a pro kuřata, nosnost grilu 10 kg, pohon elektrický, otáčky v rozsahu 1–8 ot/min, ohřev elektrický s plynulou regulací teploty od 50–300 °C.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analýza dostupných řešení,
- konstrukční návrh zařízení,
- analýza bezpečnosti navrženého řešení u vybraných uzlů.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení. Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15–20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné: <http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

## **3 Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7.vydání, VUTUM, Brno 2010, 1186 s, ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh a následná konstrukce vertikálního grilu s elektrickým pohonem. Práce začíná úvodem, kde je popsána funkce grilů. Vertikálním grilům a pohonům je věnován přehled současného stavu poznání. Následují tři koncepční návrhy a jejich porovnání, přičemž u jednoho z návrhů je následně zpracované konstrukční řešení. V závěru jsou shrnuty klíčové parametry a volba elektronických komponentů sloužících k řízení grilu. V příloze se nachází výpočtová zpráva s podrobným postupem řešení vybraných konstrukčních uzlů, schéma ovládacího obvodu a výkresová dokumentace.

## KLÍČOVÁ SLOVA

gril, elektromotor, svar, regulátor, stabilita

## ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the design and subsequent construction of a vertical grill with electric drive. The thesis starts with an introduction where the function of the grills is described. Vertical grills and drives are reviewed and the current state of knowledge is discussed. This is followed by three conceptual designs and their comparison, with one of the designs being followed by a constructional solution. Finally, the key parameters and the choice of electronic components used to control the grill are summarised. A computational report detailing the solution procedure for the selected design nodes, control circuit diagram and drawings are included in appendix.

## KEYWORDS

grill, electric motor, weld, regulator, stability



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROCHÁZKA, Jan. Konstrukce víceúčelového vertikálního grilu. Brno, 2021, 50 s. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131905>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Ing. Dana Foltýnová.





## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Daně Foltýnové za její čas a odborné rady. Také bych rád poděkoval svému otci Janu Procházkovy za rady v oblasti elektrotechniky.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Dany Foltýnové. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1	Vertikální grily	14
2.1.1	Dostupnost na trhu	14
2.2	Elektromotory	16
2.2.1	Asynchronní motory	16
2.2.2	Komutátorové motory	17
2.2.3	Krokové elektromotory	17
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>18</b>
3.1	Analýza problému	18
3.2	Cíl práce	18
<b>4</b>	<b>KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>19</b>
4.1	Koncepční řešení č. 1	19
4.2	Koncepční řešení č. 2	20
4.3	Koncepční řešení č. 3	21
4.4	Porovnání koncepčních řešení	22
<b>5</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>23</b>
5.1	Základní konstrukce grilu	23
5.1.1	Kontrolní výpočet svarů	24
5.2	Otevírání	25
5.3	Funkční část	26
5.3.1	Volba elektromotoru, zdroje a regulátoru	28
5.3.2	Výpočet třecího převodu	30
5.3.3	Výpočet tažné pružiny	31
5.3.4	Návrh hřídele	32
5.3.5	Návrh ložisek	33
5.3.6	Výpočet kolíku	34
5.4	Zdroj tepla	35
5.5	Nadstavce	36
5.5.1	Nadstavec s jednou jehlou	36
5.5.2	Nadstavec s osmi jehlami	36

5.6	Ovládací panel a napájení	37
5.7	Stabilita grilu	39
<b>6</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>45</b>
9.1	Použité zkratky	45
9.2	Použité symboly	45
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>48</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>49</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>50</b>

# 1 ÚVOD

Grilování je v současné době velmi populární možností přípravy jídel, ať už na malých rodinných oslavách či v rychlém občerstvení. Příprava pokrmu grilováním spočívá v působení přímého žáru na daný pokrm.

Při výběru vhodného grilu pro domácí či zahradní použití se posuzuje jeho funkčnost, velikost, kvalita a cena. Na trhu existuje rozmanité spektrum různých provedení grilů, které se liší jejich účelem, tepelným zdrojem, velikostí a cenou.

Mým úkolem v této bakalářské práci je zkonstruovat gril s vertikálním otáčením jehel a elektrickým pohonem vhodný pro zahradní použití, jehož otáčky, smysl otáčení a teplotu lze snadno regulovat. Gril by měl být snadno vyrobitelný i v malých dílnách pomocí základních technologií jako je řezání, vrtání, ohýbání, frézování, soustružení a svařování. Tento konstrukční návrh by mohl také sloužit jako podklad pro možnou optimalizaci a následnou sériovou výrobu.

Při vypracování této práce je nutné se zaměřit na několik aspektů. Je třeba navrhnout několik koncepčních řešení a tyto řešení mezi sebou porovnat z různých hledisek. Pro vybranou koncepci je potom nutné vypracovat konstrukční řešení, jehož součástí je i kontrola důležitých konstrukčních uzlů nebo samotné ovládání grilu. Také je třeba vybrat vhodný zdroj tepla a správně ho ke grilu ukotvit. Součástí práce bude i příloha s provedenými výpočty a výkresová dokumentace několika vybraných součástí a sestav.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Vertikální grily

Vertikální grily jsou zařízení sloužící k tepelné úpravě potravin, přičemž připravovaný pokrm se otáčí kolem vertikální osy. Zdroj tepla, nejčastěji odporová spirála nebo plynový hořák, je umístěn na boční straně. Toto konstrukční provedení je jedna z největších výhod vertikálních grilů oproti nejčastěji používaným grilům se zdrojem tepla pod připravovaným pokrmem. Při působení přímého žáru na maso u vertikálního grilu tuk nestéká na zdroj tepla, ale stéká do misky umístěné pod pokrmem. Nedochází tak tedy k přepalování tuků, což má za následek zdravější metodu grilování. Při přepalování dochází totiž k uvolňování karcinogenních látek.

#### 2.1.1 Dostupnost na trhu

Výrobci vertikálních grilů je několik. Patří sem například firmy Rohnsen, Clatronic nebo oneConcept. Tyto firmy však nabízejí vertikální grily jednoho typu. Malé s jedním nadstavcem, vhodné pro grilování v kuchyni. Cenově se tyto grily pohybují od 2000 Kč do 5000 Kč. Cena většinou závisí především na množství grilovaného masa (u těch největších do 5 kg). Mnoho grilů nemá navíc vyřešené krytování grilovacího prostoru, čímž roste energetická spotřeba [1], [2].



Obr. 2-1 Vertikální gril Clatronic DVG 3686 [3]

Druhým typem vertikálních grilů na trhu jsou velké a těžké grily určené převážně do podniků s rychlým občerstvením. Tyto grily pojmu 30 kg masa (a více), avšak jejich cena začíná na 17000 Kč. Rovněž nemají zakrytování, takže zde dochází k velkým tepelným ztrátám. Mezi největší prodejce těchto grilů se řadí například Maxima Kitchen Equipment [2], [4].



Obr. 2-2 Gril na kebab [5]

## 2.2 Elektromotory

Elektromotory jsou v současnosti nezbytnou součástí mnoha průmyslových zařízení. Jedná se o stroje, které přeměňují elektrickou energii na mechanickou práci. Využívají k tomu silové působení elektromagnetického pole mezi statorem a rotorem. [6]

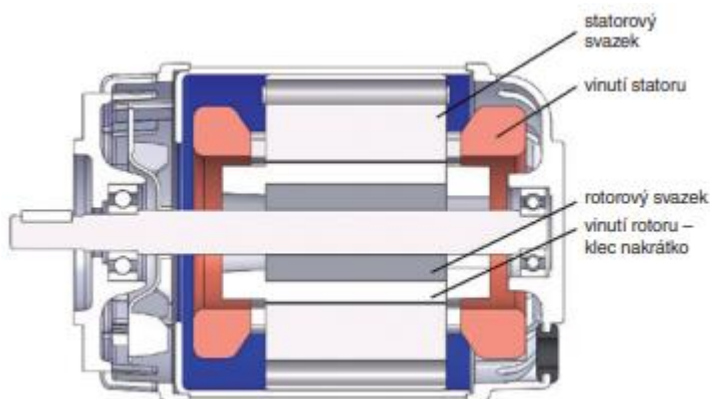
### 2.2.1 Asynchronní motory

Jedná se o jeden z nejpoužívanějších motorů. Pracuje se střídavým napětím. Je obvykle napájený třífázovým napětím tak, že cívkami na statoru procházejí fázově posunuté proudy. Tím se generuje točivé elektromagnetické pole, které roztáčí rotor. Rychlost otáčení magnetického pole a rotoru se liší skluzem motoru [6].

Asynchronní motory mohou také pracovat s jednofázovým napětím, avšak k rozběhu potřebují rozběhový kondenzátor. Příkladem jednofázových asynchronních motorů je motor se stíněným pólem [6].

Výhodou těchto motorů je jednoduchá údržba. Záleží především na životnosti ložisek. Nevýhodou je, že při zatěžování stroje dochází ke snižování výstupních otáček (roste skluz) [6].

Tento elektromotor můžeme regulovat několika způsoby. Buďto pomocí frekvenčního měniče nebo změnou počtu pólů [6].



Obr. 2-3 Schéma asynchronního motoru [6]

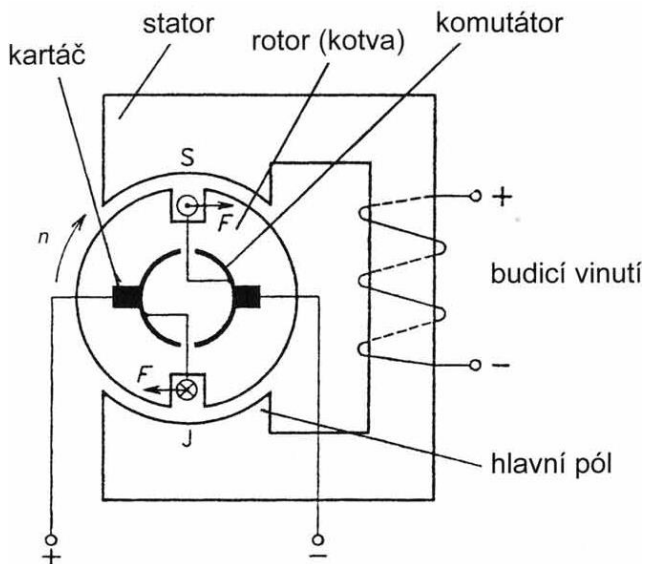


### 2.2.2 Komutátorové motory

Na rozdíl od asynchronních motorů, do komutátorových motorů je přiváděno stejnosměrné napětí. Jeho hlavním prvkem je komutátor. Jedná se o část spojenou s rotorem, přičemž komutátor je tvořen rotačně uloženými vzájemně odizolovanými měděnými lamelami. Mezi nimi a tzv. uhlíkovými kartáči je kluzný kontakt, který přenáší elektrický proud do rotoru. Stator může být tvořen permanentními magnety nebo cizím buzením (elektromagnetem) [6].

Životnost komutátorových elektromotorů závisí na životnosti kluzného kontaktu mezi kartáči a lamelami komutátoru. Proto tyto stroje nejsou vhodné do provozu s nepřetržitým provozem. Také životnost uhlíkových kartáčů je omezená, ale dají se většinou jednoduše vyměnit [6].

Výhodou komutátorových elektromotorů je poměrně snadná regulace pomocí PWM regulátoru. Ty přivádějí na stejnosměrný komutátorový motor pulzy napětí o nastavitelných šířkách, což má za následek změnu výstupních otáček motoru [7].



Obr. 2-4 Schéma komutátorového elektromotoru [8]

### 2.2.3 Krokové elektromotory

Krokové elektromotory jsou elektricky komutované stejnosměrné stroje. Jejich otáčka je rozdělena na určitý počet kroků a tento pohyb je třeba precizně řídit. Jejich nedílnou součástí je elektronický řídicí systém, zpravidla softwarově ovládaný [9].

Používají se tedy především tam, kde máme k dispozici nějaký řídicí software, například v robotice, 3D tiskárnách, CNC strojích nebo inteligentních osvětleních [9].

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Grilování je populární metoda přípravy jídel. Existuje proto velké množství typově odlišných konstrukcí grilů se specifickým účelem. Na trhu se nicméně vyskytuje jen malá řada vertikálních grilů. Buď malé kuchyňské grily jejichž cena se pohybuje kolem 3000 Kč, nebo velké a drahé grily pro užití v rychlých občerstveních. Tyto se cenově pohybují od 17 000 Kč. Neprodávají se však žádné vhodné pro rodinné zahradní grilování. Snaha je tedy vytvořit gril pro zahradní využití, který by mohl sloužit jako možný podklad pro zahájení sériové výroby a uvedení na trh. Také je potřeba zvolit vhodný pohon k roztáčení nadstavců a regulaci jejich rychlosti. Je zde možnost použít elektromotor, kterému lze za chodu regulovat otáčky, nebo měnit smysl otáčení.

### 3.2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vytvořit gril s vertikálním otáčením jehly, který bude umožňovat plynulou regulaci otáček za chodu, změnu smyslu otáčení a plynulou regulaci teploty.

Dílčí cíle bakalářské práce:

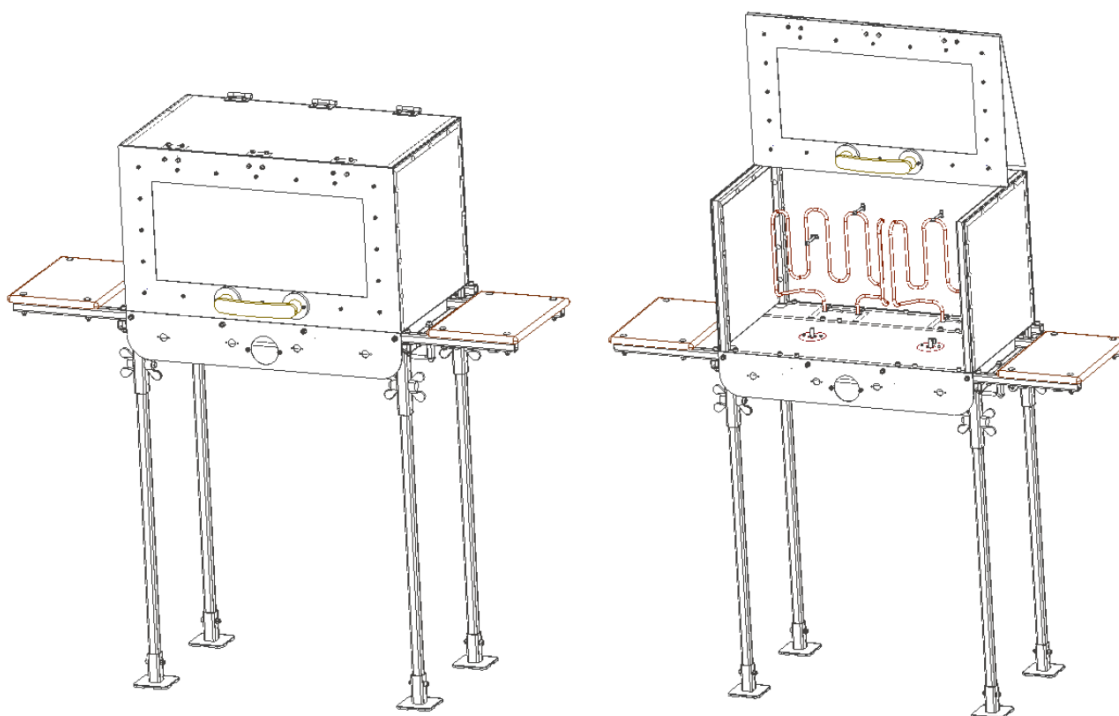
- Výběr vhodného pohonu a zdroje tepla
- Návrh a uložení hřídele
- Návrh a upínání dvou vyměnitelných nadstavců
- Výpočet životnosti ložisek, svarů a stability grilu
- Návrh ovládání grilu
- Výkres sestavy a vybraných součástí

## 4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Zahradní grily můžeme posuzovat z hlediska výroby, možnosti spojení, výrobní ceny a životnosti. U všech koncepcí je funkční část upnuta pod grilem, kde jsou 2 elektromotory, které přes třecí převod roztácejí nadstavce.

### 4.1 Koncepční řešení č. 1

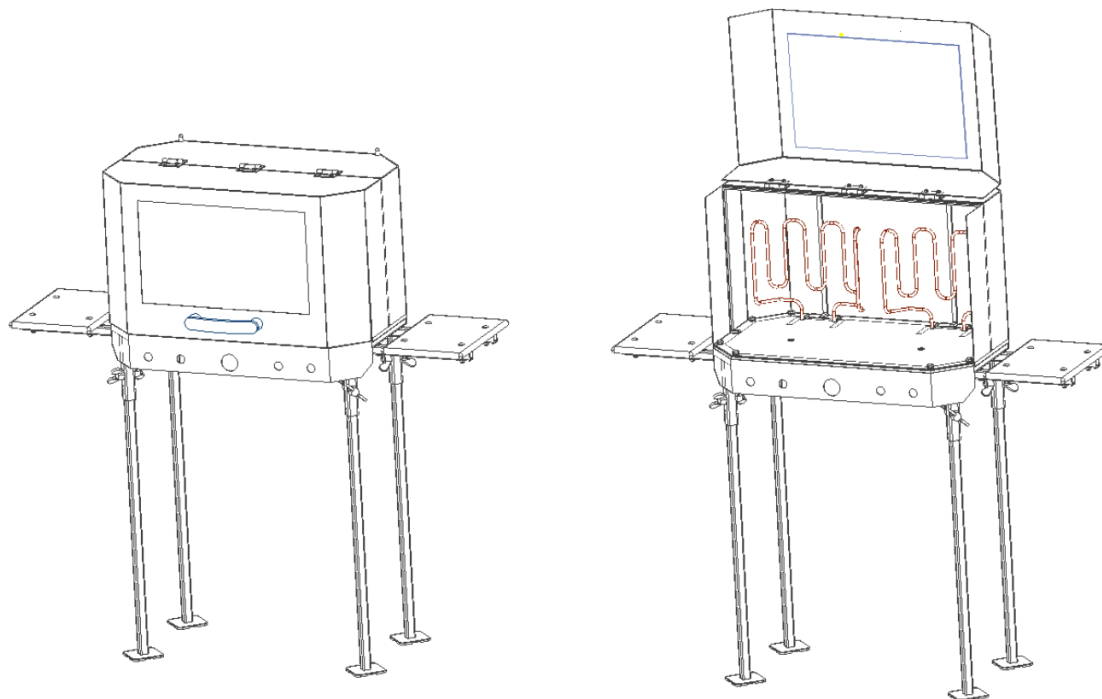
Gril je konstruovaný především pro snadnou domácí výrobu. Ke spojení jednotlivých dílů jsou použity šrouby, podložky a matice. Materiálem plechů je kvůli nízké ceně uhlíková ocel. Ta však musí být ještě natřena žáruvzdornou barvou, aby odolala vysokým grilovacím teplotám. Otvírání je zde řešeno pomocí dvou sérií pantů. Jedny, které spojují přední a horní část grilu, druhé, které kotví horní část k zadní. Při otvírání dochází ke zlomu a plech se posadí do vybroušených drážek. Nohy grilu jsou odnímatelné k zajištění snadnějšího převozu grilu.



Obr. 4-1 Schéma koncepčního řešení č.1

## 4.2 Koncepční řešení č. 2

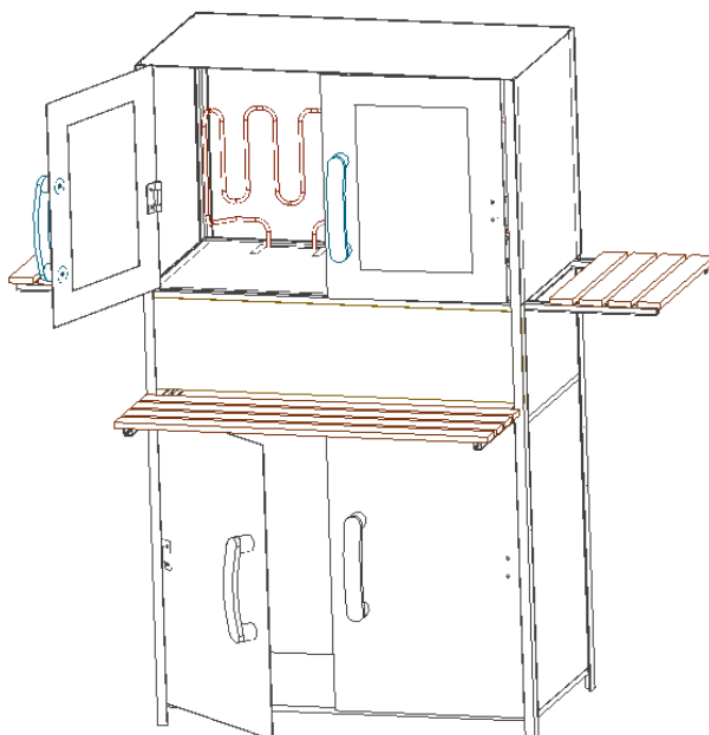
Zde je volen poněkud komplikovanější tvar především kvůli lepšímu vzhledu. Celá konstrukce grilu včetně plechů je svařena. Jako materiál plechů je zvolena korozivzdorná ocel. Mezi její vlastnosti patří odolnost vůči vysokým teplotám a potravinářská neškodnost, ale zároveň i vyšší cena. Otvírání je řešeno také pomocí pantů, avšak přední a horní část je k sobě pevně připojena. Dvířka se odklápí a opřou se o pevnou část horní plochy. Nohy jsou jako u předchozí konstrukce vyjímatelné z důvodu přenositelnosti.



Obr. 4-2 Schéma koncepčního řešení č.2

### 4.3 Koncepční řešení č. 3

Gril není vhodný pro časté převážení. Ze všech návrhů je nejtěžší, ale na rozdíl od předešlých koncepcí má skříňky na uskladnění jednotlivých komponentů, například grilovacích talířů. Dále jsou zde vysunovací pracovní desky. Gril se skládá z velké svařené konstrukce tvořené L profily a profily čtvercových průřezů. Plechy grilovací části jsou z korozi-vzdorné oceli, pro zbylé části z levnější oceli uhlíkové. U grilu, který není určený pro převážení si můžeme dovolit také stínění grilovací části, které nám sice zvýší hmotnost, ale nejlépe zabrání tepelným ztrátám. Celková cena zde bude ovšem vyšší než u předchozích řešení.



Obr. 4-3 Schéma koncepčního řešení č.3

## 4.4 Porovnání koncepčních řešení

Tab. 4-1 Porovnání vlastností jednotlivých koncepcí

Vlastnosti	Koncepční řešení č.1	Koncepční řešení č.2	Koncepční řešení č.3
Spojení konstrukce	Šrouby, matice	Svařená	Svařená
Množství komponentů	Vyšší	Nižší	Vyšší
Materiál plechů	Uhlíková ocel	Korozivzdorná ocel	Korozivzdorná ocel
Hmotnost	Nižší	Nižší	Vyšší
Jednoduchá přenosnost	Ano	Ano	Ne
Stínění	Ne	Ne	Ano
Výrobní cena	Nižší	Nižší	Vyšší

Při porovnání vybraných vlastností jednotlivých koncepčních řešení jsem se rozhodl pro koncepci 2, která je nejpraktičtější a designově nejlépe vypadající.

## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

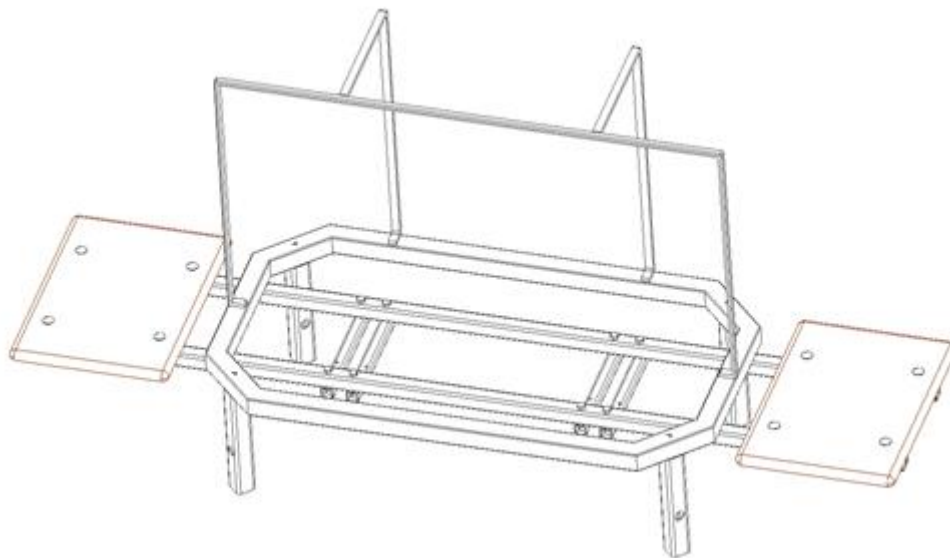
Cílem je navrhnout konstrukční řešení pro jednoduchou kusovou výrobu vertikálního grilu s elektrickým pohonem a plynulou regulací otáček a teploty. Je třeba se zaměřit také na technologii výroby a celkové náklady.

### 5.1 Základní konstrukce grilu

Nejprve je potřeba si definovat velikost a tvar grilu. Vnitřek grilu musí mít prostor na 2 talíře s nosností 5 kilogramů na každý talíř. Je také potřeba počítat s místem pro zdroj tepla, který bude představovat topná spirála. Vzhledem k tomu, že se nadstavce otáčejí vertikálně, je nutné zajistit i dostatečnou výšku grilu.

Kvůli možnosti převozu v kufru auta a zajištění požadované funkce jsem volil tyto základní rozměry:

- Délka = 1100 mm
- Šířka = 350 mm
- Výška bez podstavy = 524 mm
- Výška s podstavou = 1130 mm

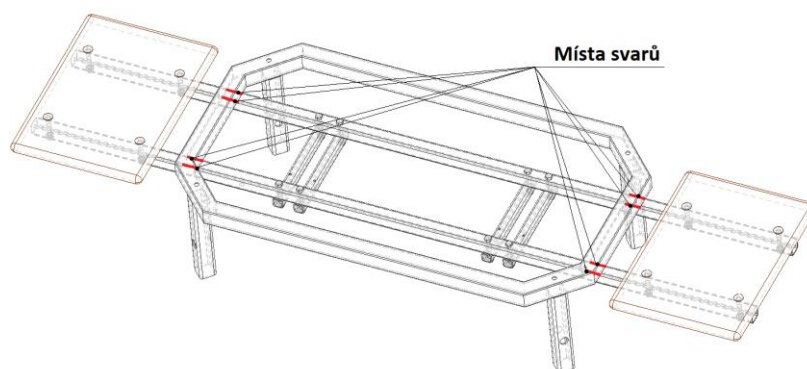


Obr. 5-1 Základní konstrukce grilu

Základní konstrukce se skládá z nařezaných a přivařených tyčí čtvercových průřezů. Pro lepší design a také bezpečnost má tvar „obdélníku se sraženými rohy“. Ke konstrukci jsou potom v horní části navařené výztuhy a ze spodní části duté čtvercové tyče, do kterých se upíná nosná konstrukce, tzv. nohy grilu. Na výztuhy se následně přivaří plechy tvořící stěny grilu. Spodní kryt je spojen šrouby kvůli dostupnosti k funkční části umístěné pod ním. Materiál plechů je volen z korozivzdorné oceli. Výhodou tohoto materiálu je vysoká teplotní odolnost a potravinářská nezávadnost. Vpředu je ještě přivařen plech, který slouží k ukotvení jednotlivých elektrických komponentů sloužících pro řízení a nastavování grilu. (spínače, přepínače, termostat, potenciometry regulátorů)

### 5.1.1 Kontrolní výpočet svarů

K základní konstrukci jsou také přivařené další 2 podélné tyče sloužící k upevnění desek po stranách a k upevnění dvou funkčních částí uprostřed. Jelikož se jedná o nejvíce zatěžovanou část, byl zde proveden kontrolní výpočet koutových svarů.



Obr. 5-2 Místa svarů kontrolované výpočtem

Zahrnuté parametry pro výpočet:

- Délka a šířka svarů:  $h = 22 \text{ mm}$ ,  $z = 2 \text{ mm}$
- Možnosti a velikost zatížení
- Hmotnost funkční části (jsou zde dvě):  $m_{FC1} = m_{FC2} = 9,2 \text{ kg}$
- Typ svaru: koutový E6010 [10]

Tab. 5-1 Výsledná napětí svarů

Výsledná napětí svarů		
Dovolené smykové napětí svaru	$\tau_{DS}$	128 MPa
Maximální smykové napětí při zatížení na obou stranách	$\tau_1$	3,1 MPa
Maximální smykové napětí při zatížení na jedné straně	$\tau_2$	6,09 MPa



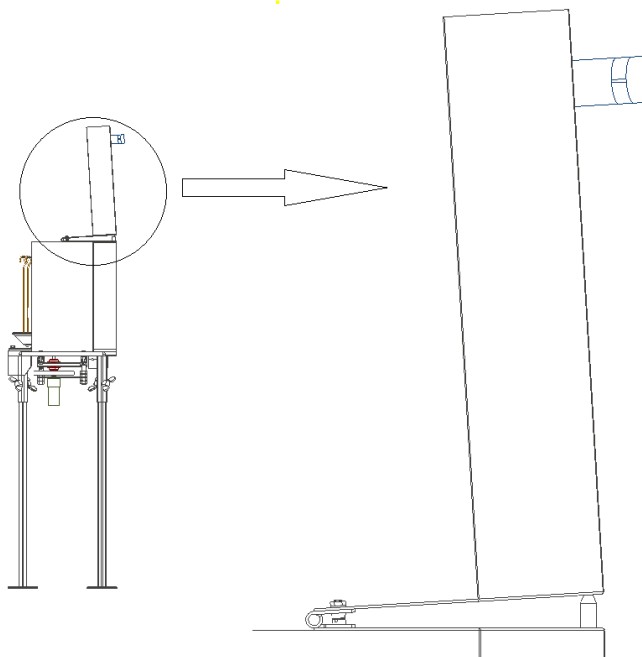
## 5.2 Otevírání

Při návrhu způsobu otevírání jsem se zaměřil především na praktičnost. Je třeba mít co nejpohodlnější přístup do grilovacího prostoru (nasazování a vyndávání nadstavců, ořezávání masa při grilování gyrosu). Otevírání dvířek šlo realizovat buďto pomocí pantů nebo pojezdu (dvířka se posunují po kolejničích). Pojezdový způsob jsem zavrhl z důvodu obtížné, a hlavně drahé výroby. Možných variant připojení dvířek k pevné části grilu pomocí pantů je několik. Lze otevírat do stran, dolů nebo nahoru. Snaha je však zajistit statickou polohu (gril se nesmí sám zavřít či otevřít). Otevírání dvířek by mělo být co nejjednodušší. Proto jsem se rozhodl pro otevírání směrem nahoru (podobně jako např. kufr auta).

Panty jsou přišroubované k horní části krytu grilu. Tato pevná část pokrývá jednu polovinu krytování. Ve druhé polovině jsou dvířka, která pomocí pantů můžeme odklápět až na zadní část grilu. Aby nedocházelo ke styku šroubů držících panty a nebezpečí povolení tohoto spoje, jsou v zadní části přivařené malé opěrky, na které dvířka dosednou.

V přední části dvířek je vypálen otvor pro sklo. Jeho zajištění jsem provedl pomocí rámu, který se skládá ze tří přivařených tyčí čtvercového průřezu tvořících tvar „U“. Na ně jsou přidělány tenké plechové pásky k zajištění skla. Aby bylo sklo vyjmutelné pro možné vyčištění nebo výměnu, je čtvrtá strana rámu pouze přišroubovaná. Mezi sklem a rámem se nachází ještě navíc silikonový pásek. Ten plní funkci tepelného izolantu. Celý upínací rám se nachází na vnitřní straně grilu.

Madlo sloužící k nadzvednutí dvířek je přišroubovaná k silikonové podložce a tato podložka k plechu dvířek. Tento způsob připevnění madla jsem volil kvůli maximální tepelné izolaci.



Obr. 5-3 Schéma otevřených dvířek grilu

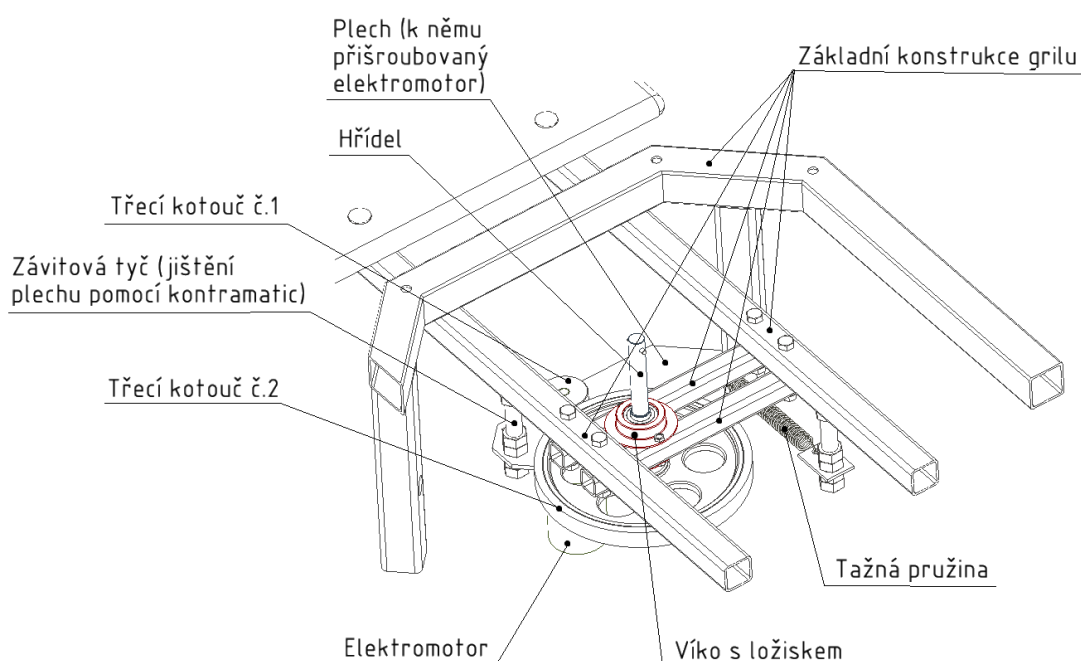
## 5.3 Funkční část

Jako pohon jsem použil 2 komutátorové elektromotory. Každý pro pohon jedné hřídele. Dva jsou z důvodů jednoduché plynulé regulace otáček, což lze u komutátorových motorů jednoduše řešit pomocí PWM regulátorů. Tyto zařízení umožňují modulovat šířku pulzu napětí, což má za následek změnu rychlosti otáček. Rychlost otáčení je tím nižší, čím menší je šířka pulzu. Další výhodou těchto elektromotorů je schopnost pomocí změny polarity změnit smysl otáčení elektromotoru.

Elektromotory se nacházejí pod grilovacím prostorem. Roztáčejí třecí kola, přičemž krouticí moment z třecího kola na výstupní hřídel je přenášen perem. Na výstupní hřídel se následně upínají nadstavce s pokrmem. Mechanismus je převodován tak, aby maximální rychlost otáčení na výstupu byla rovna 8 otáčkám za minutu. Pomocí PWM regulátoru je potom můžeme plynule měnit v rozsahu 1–8 za minutu. Třecí převod je volen z důvodu jednoduchosti výroby, nízkých otáček a také ochrany elektromotoru při případném zadření či zablokování nadstavce s pokrmem. Pokud by talíř o něco zavadil a zastavil se, došlo by pouze k protočení třecího převodu.

Jednou z dalších variant je použití jednoho komutátorového elektromotoru, čímž by se snížily náklady za koupi elektromotorů. Bohužel tato varianta přináší spoustu komplikací. Například při regulaci rychlosti otáček nebo smyslu otáčení bychom přišli o možnost nastavit každý nadstavec zvlášť podle potřeby. V případě, že bychom chtěli regulovat každý talíř samostatně, a přitom použít pouze jeden elektromotor, musela by se zkonstruovat mechanická spojka s převodovkou. To by ovšem bylo daleko složitější na výrobu a rozhodně i dražší než přikoupit jeden elektromotor s regulátorem navíc.

Třecí převod je tvořen ze 2 kotoučů. Oba kotouče jsou vyrobeny z oceli, přičemž na jednom z nich je gumový potah pro zvýšení koeficientu tření a tím snížení potřebné přitlačné síly. Vzájemný přitlak těchto kotoučů zajišťuje tažná pružina. Kotouč o menším průměru je připojen k hřídeli elektromotoru. Na této hřídeli je vyfrézovaná drážka. Upevnění jsem vyřešil tak, že jsem vyvrtal do kotouče malý otvor se závitem pro stavěcí šroub, který se dotáhne k drážce na hřídeli. Sice dojde k mírnému narušení stykové plochy kotoučů, ale při takto malých otáčkách má toto narušení zanedbatelný vliv na funkci převodu. Jako dodatečné pojištění proti případnému uvolnění stavěcího šroubu lze použít konstrukční lepidlo na závity, například Loctite 222 [11]. Na druhý kotouč je potom připevněna hřídel. Přenos krouticího momentu je zde zajištěn pomocí perového spoje. Hřídel je uložena v ložiskách a připevněna ke kostře grilu pomocí víceč. Na čele hřídele je vyvrtán otvor se závitem kvůli zajištění axiálního posunu kotouče pomocí šroubu a podložky.



Obr. 5-4 Schéma funkční části grilu

### 5.3.1 Volba elektromotoru, zdroje a regulátoru

Pro svoji konstrukci jsem zvolil komutátorový stejnosměrný elektromotor SG-420-12-150, který má tyto parametry:

Tab. 5-2 Parametry komutátorového elektromotoru [12]

Parametry elektromotoru SG-420-12-150		
Jmenovitý výkon	$P$	12,8 W
Jmenovité otáčky	$n_1$	37 min <sup>-1</sup>
Jmenovité napětí	$U$	12 V
Jmenovitý proud	$I$	≤ 1600 mA
Účinnost	$\eta$	66 %
Maximální trvalý moment	$M_{max}$	686,5 Nmm
Hmotnost	$m_M$	0,38 kg

Elektromotor má integrovanou převodovku. Není celokovová, ozubená kola prvního soukolí jsou vyrobena z bakelitu z důvodu snížení hlučnosti. To má ale za následek riziko poruchy při překročení maximálního trvalého momentu.

Pro napájení elektromotoru je také třeba koupit zdroj. Kvůli úspoře nákladů je použit jeden zdroj pro oba elektromotory. Je ovšem důležité, aby výkon zdroje byl větší než součet výkonů obou elektromotorů.

Tab. 5-3 Parametry zdroje [13]

Parametry zdroje LRS-50-12		
Výkon	$P_Z$	50,4 W
Výstupní napětí	$U_Z$	12 V
Výstupní proud	$I_Z$	4,2 A
Vnější rozměry	—	99x82x30 mm
Účinnost	$\eta_Z$	86 %
Hmotnost	$m_Z$	0,23 kg

Pro regulaci výstupních otáček je použit regulátor PWM 12-40V s těmito specifikacemi:

Tab. 5-4 Parametry PWM regulátoru [14]

Regulátor PWM		
Napětí	$U_R$	12–40 V
Trvalý proud	$I_R$	10 A
Maximální spínaný výkon	$P_{max}$	400 W
Frekvence PWM	$f_R$	24 kHz
Minimální střída	$DCL_{min}$	2,8 %
Maximální střída	$DCL_{max}$	99,6 %
Hmotnost	$m_R$	0,07 kg

Regulátor má zabudovaný potenciometr, který slouží pro modulování šířky pulzu napětí (regulování otáček elektromotoru). Regulátor je kompatibilní s vybraným elektromotorem.

### 5.3.2 Výpočet třecího převodu

Hlavní funkce třecího převodu je snížení rychlosti otáček elektromotoru. Z původních 37 ot/min na 8 ot/min. Jak bylo psáno výše, elektromotor dovoluje maximální trvalý moment 686,5 Nmm. Abych předešel jeho možnému poškození, napočítal jsem třecí převod tak, aby při zatížení větším než 609 Nmm došlo k protočení třecích kotoučů a ochraně elektromotoru. Třecí převod plní tedy také funkci přetěžovací spojky. Kvůli snížení výsledných působících sil na třecí převod jsem volil materiály povrchů třecích kol ocel – pryž. Tato kombinace nám zvýší součinitel tření a výrazně sníží celkové zatížení [15]. Podrobnosti k výpočtu najdeme v příloze.

Pro výpočet byly zahrnuty tyto údaje:

- Převodový poměr:  $i_{12} = 4,632$
- Průměr prvního třecího kola:  $D_1 = 30 \text{ mm}$
- Skluzový součinitel:  $\psi = 0,95$  [15]
- Otáčky na výstupu:  $n_1 = 37 \text{ min}^{-1}$
- Maximální obvodová síla na nadstavci:  $F_{tT} = 20 \text{ N}$
- Součinitel bezpečnosti prokluzu:  $k_{np} = 1,2$
- Součinitel tření:  $f = 0,8$  (ocel kalená – pryž) [15]

Tab. 5-5 Výsledné hodnoty třecího převodu

Výsledky třecího převodu		
Průměr druhého třecího kola	$D_2$	132 mm
Krouticí moment na druhém třecím kole	$M_{k2}$	2680 Nmm
Krouticí moment na prvním třecím kole	$M_{k1}$	609 Nmm
Osová vzdálenost	$a_{12}$	81 mm
Obvodová síla na třecích kolech	$F_{t12}$	40,6 N
Potřebná přítláčná síla	$F_n$	60,9 N
Šířka třecích kol	$b$	12 mm

### 5.3.3 Výpočet tažné pružiny

Přítlačování třecích kol k sobě je zajištěno tažnou pružinou. Elektromotor, na kterém je připevněn třecí kotouč, je přišroubován k plechu. Tento plech je z jedné strany uchycen na stavěcím šroubu pomocí kontramatic. Na druhé straně je uchycena tažná pružina, která po přepočítání momentové rovnováhy musí vyvinout sílu 14 N, aby byla zajištěna potřebná přítlačná síla třecího soukolí. Cílem tohoto výpočtu bylo tedy stanovit potřebnou pracovní délku pružiny, aby bylo dosaženo požadované síly. Podrobný výpočet lze nalézt v příloze.

Zahrnuté parametry pro výpočet:

- Pracovní síla pružiny:  $F_p = 14 \text{ N}$
- Typ pružiny: tlačná pružina s předpětím  $F_o = 2,8 \text{ N}$  [16]
- Třída drátu: SL [10]
- Průměr drátu:  $d = 1 \text{ mm}$
- Střední průměr pružiny:  $D = 10 \text{ mm}$
- Počet závitů:  $n_a = 40$
- Poloměr závěsného oka:  $r_1 = 4,5 \text{ mm}$
- Poloměr zakřivení drátu:  $r_2 = 4,2 \text{ mm}$
- Návrhový součinitel:  $k_n = 1,2$

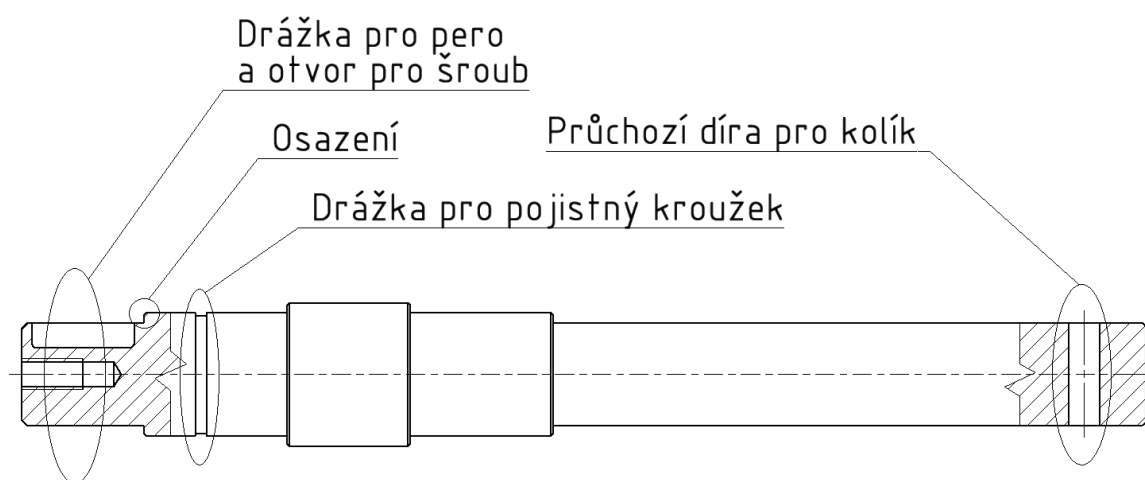
Tab. 5-6 Výsledné hodnoty tažné pružiny

Výsledky tažné pružiny		
Tuhost pružiny	$k$	0,252 N/mm
Volná délka pružiny	$L_0$	59 mm
Délka pružiny při pracovním zatížení	$L_p$	103,4 mm
Bezpečnost pružiny na smyk	$k_{kp}$	1,91
Bezpečnost závěsného oka na ohyb	$k_{k1}$	1,66
Bezpečnost zakřivení drátu na smyk	$k_{k2}$	1,75

Výsledkům nejlépe odpovídá pružina s katalogovým označením TZ 1000x0110x0590 [16].

### 5.3.4 Návrh hřídele

Jako první byl proveden předběžný návrh základních rozměrů hřídele. Počítal jsem zde s uložením dvou kuličkových ložisek a třetího kola. Z podmínek rovnováhy jsem si určil síly ve vazbách a vykreslil průběhy zatížení. Hřídel je namáhaná na tlak, ohyb a krut. Konec hřídele je ještě zahříván, protože se nachází v grilovacím prostoru. Síly působící na ložisko od tohoto zahřívání jsem zanedbal, protože jedno z ložisek má vnitřní kroužek uložen posuvně a ne napevno. Hřídel jsem kontroloval z hlediska mezního stavu pružnosti v nebezpečných místech dle teorie HMH. Na hřídeli se nacházejí drážky pro pojistný kroužek, drážka pro pero, osazení a příčný otvor pro kolík. Ve všech těchto místech jsem provedl kontrolu z hlediska mezního stavu pružnosti dle teorie HMH, neboť tyto drážky a otvory jsou koncentrátoři napětí.



Obr. 5-5 Schéma nejvíce nebezpečných míst na hřídeli

Pro výpočet hřídele byly zahrnuty:

- Jednotlivé průměry a délky hřídele
- Materiál hřídele: 11 600 (E335) [10]
- Krouticí moment:  $M_k = 2680 \text{ Nmm}$
- Radiální síly působící na hřídel:  $F_{t1} = F_{t2} = 40,6 \text{ N}$ ,  $F_{tT} = 20 \text{ N}$ ,  $F_n = 60,9 \text{ N}$
- Axiální síly působící na hřídel:  $F_T = 78,5 \text{ N}$
- Návrhový součinitel:  $k_n = 1,2$

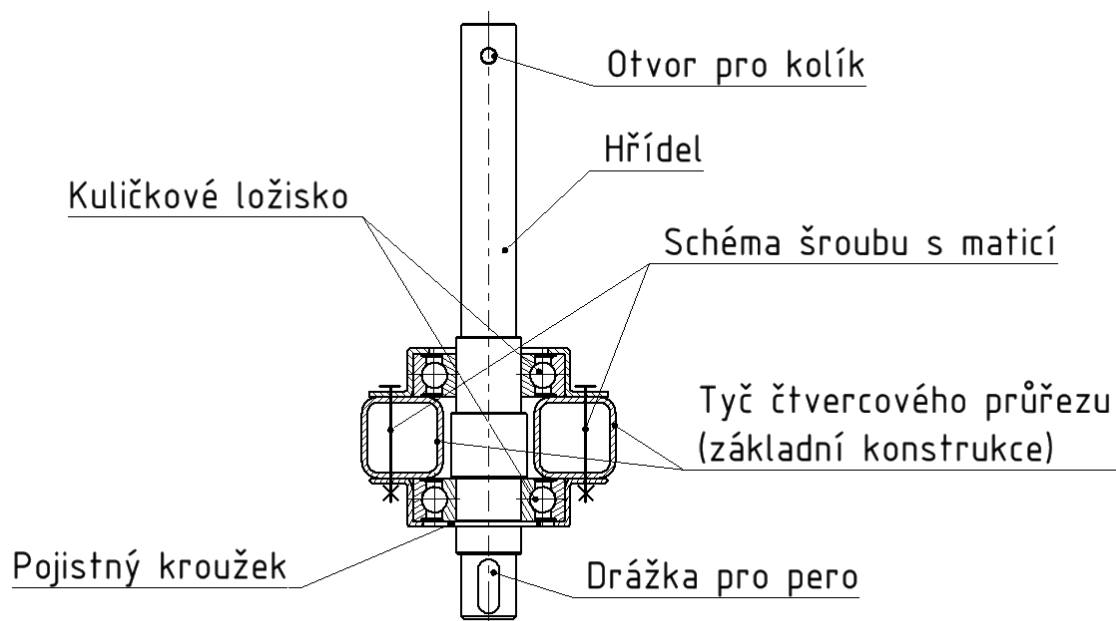


Tab. 5-7 Výsledné hodnoty bezpečností v nebezpečných místech na hřídeli

Výsledné bezpečnosti hřídele v nebezpečných místech vzhledem k MSP		
Drážka pro pero a otvor pro šroub	$k_1$	1,96
Osazení	$k_{01}$	7,45
Drážka pro pojistný kroužek	$k_2$	6,7
Příčný otvor pro kolík	$k_5$	4,86

### 5.3.5 Návrh ložisek

Volil jsem dvě oboustranně krytovaná radiální kuličková ložiska SKF 6001 – 2Z [17]. Vzhledem k velmi nízkým hodnotám zatížení a provozních otáček jsem zanedbal vliv zahřívání konce hřídele. Jedno z ložisek má vnitřní kroužek uložen posuvně. Výsledná trvanlivost ložisek vzhledem k malým hodnotám zatížení vyšla velmi vysoká, lze tedy uvažovat ložiska s neomezenou trvanlivostí. Bylo použito mazivo SKF MGLT2, které je vhodné pro ložiska pracující při teplotách 50-100 °C a při nízkých až středních rychlostech otáčení [18]. Trvanlivost maziva nebyla kontrolována. Provozní teplotu ložisek předpokládám na 60 °C.



Obr. 5-6 Schéma uložení ložisek na hřídeli

### 5.3.6 Výpočet kolíku

Kolík nalisovaný v hřídeli slouží pro přenos krouticího momentu z hřídele na nadstavec. Proto byla provedena kontrola kolíku na střih a na otlačení viz. příloha.

Vstupní hodnoty:

- Krouticí moment:  $M_K = 2680 \text{ mm}$
- Průměr hřídele:  $d_5 = 10 \text{ mm}$
- Průměr kolíku:  $d_k = 3 \text{ mm}$
- Materiál kolíku: nekalená ocel
- Mez kluzu:  $Re = 325 \text{ MPa}$  [7]
- Dovolené napětí v tlaku:  $p_D = 150 \text{ MPa}$  [7]
- Návrhový součinitel:  $k_n = 1,5$

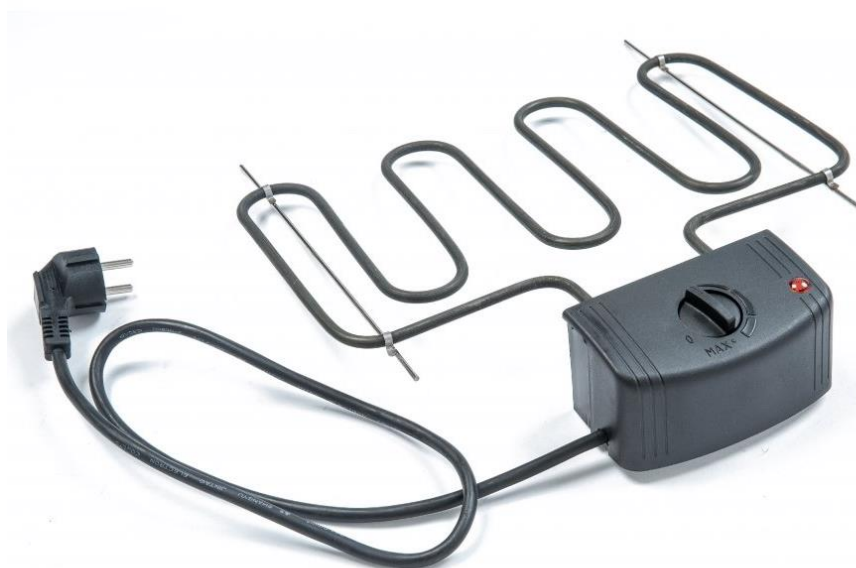
Tab. 5-8 Výsledné hodnoty bezpečností kolíku

Kontrola bezpečnosti kolíku na střih a otlačení		
Bezpečnost na střih	$k_{kS}$	4,3
Bezpečnost na otlačení	$k_{kO}$	2,8

## 5.4 Zdroj tepla

Při grilování je nezbytné daný pokrm zahřívát. Pro tuto konstrukci jsem volil mezi elektrickými odporovými topnými spirálami a plynovými hořáky. Plynový hořák nevyžaduje elektrickou síť, ale vzhledem k elektrickému pohonu je stejně potřeba gril používat v její blízkosti. Jejich nevýhody jsou potom nutnost plynových bomb, které jsou pro gril určený k jednoduchému převozu zátěž navíc. Také oproti topným spirálám mají obtížnější regulaci. Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro dvě topná odporová tělesa s příkonem 2000 W na každé [19]. Topné spirály jsou umístěné v zadní části grilu, každá za jedním nadstavcem. Kvůli tepelné roztažnosti, která během grilování na spirálách vzniká, musejí být připevněny s velkou vůlí. To jsem zajistil ocelovým drátkem uchyceným k zadní části stěny grilu.

Jejich regulace je zajištěna kapilárovým termostatem. Senzor termostatu, které měří teplotu uvnitř grilu, je umístěn mezi jednotlivými spirálami. Termostat umožňuje regulovat teploty od 50 do 300 °C [20].



Obr. 5-7 Topná spirála Kaiser [19]

## 5.5 Nadstavce

U vertikálních grilů musí nadstavec obsahovat místo na zachycení tuku, který při grilování stéká. To je řešeno pomocí misky, která se bude vyrábět tažením. Materiálem pro všechny části nadstavce je koroziivzdorná ocel především kvůli potravinové nezávadnosti.

### 5.5.1 Nadstavec s jednou jehlou

Hlavním prvkem je středový válec. K tomuto válci je zespodu přivařená miska sloužící k uskladňování omastku. Válec je dutý, kde ve vrchním otvoru se závitem lze přišroubovat talíř. Místo šroubu se použije jehla, na jejímž konci je vysoustružený závit. Spodní otvor, který má větší průměr je určen k rychloupínání nadstavce na hřídel grilu. V otvoru jsou proto vyvrtané dvě drážky, do kterých zapadne kolík na hřídeli. Kolík slouží k přenosu krouticího momentu z hřídele na nadstavec. Díky gravitaci je zabráněno samovolnému vypadnutí talíře ze hřídele. Pokud chceme talíř vyjmout, stačí ho nadzvednout.

Nadstavec je rozebíratelný z důvodu snadného čištění. Stačí pouze vyšroubovat jehlu a můžeme vše jednoduše omýt. Vzhledem k jedné Jehle umístěné uprostřed grilu je tento nadstavec vhodný ke grilování kuřete, kebabu či gyrosu.

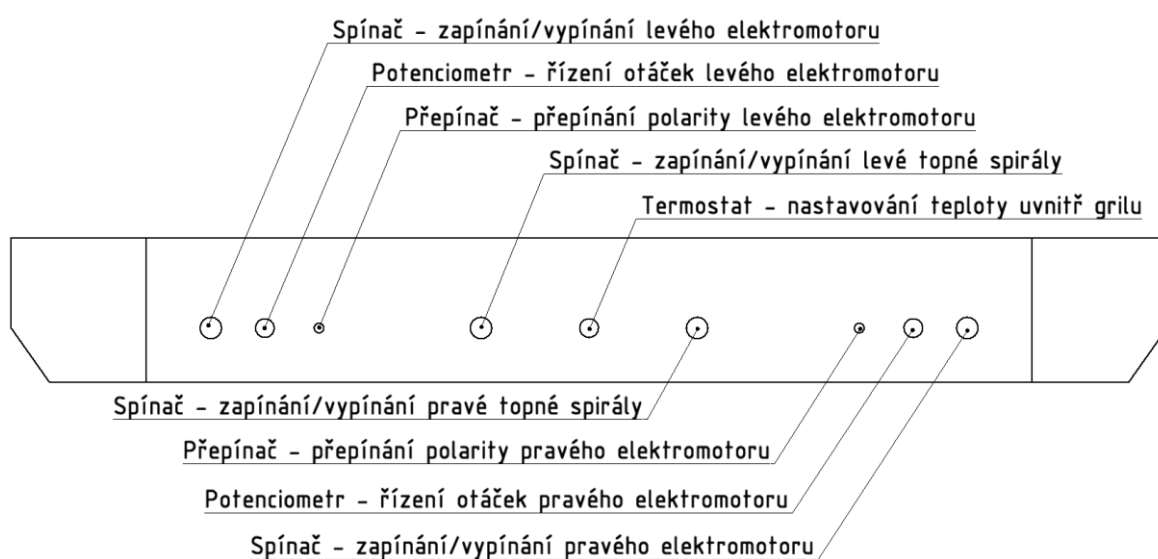
### 5.5.2 Nadstavec s osmi jehlami

Základem je středový válec s přivařenou miskou pro zachycení tuku jako u předešlého typu. Rozdíl je v horní části nadstavce. Ta je složena ze dvou kotoučů přivařených na upínací tyči. Spodní kotouč má po obvodu vyvrtané malé otvory, horní kotouč má kromě těchto otvorů ještě vyfrézované drážky. Jehly jsou opatřené na jedné straně háčkem, což umožňuje jejich snadné zavěšení přes drážku horního kotouče. Špička jehly se potom zasune do otvoru ve spodním kotouči. Je tak bráněno jednak vypadnutí jídla z jehly a zároveň je zachována statická poloha při otáčení nadstavce (nedochází k naklápění jehel).

Z důvodů snadného čištění je nadstavec stejně jako předchozí typ rozebíratelný. Je určen pro grilování špízů a menších kousků masa.

## 5.6 Ovládací panel a napájení

Nezbytnou součástí grilu je ovládací panel. Jedná se o plech přivařený v přední části grilu a je určený pro uchycení ovládacích prvků. Jsou to páčkové dvoupólové přepínače, sloužící k zapínání a vypínání elektromotorů, změně jejich polarity a také k zapnutí topných spirál. Dále potenciometry sloužící k ovládání PWM regulátorů, a nakonec termostat pro nastavování teploty uvnitř grilu. Dohromady jsou tedy použity 4 přepínače, 2 spínače, 2 potenciometry a termostat. Uspořádání můžeme vidět na schématu viz obr. 5-3. Topné spirály nejsou ovládány přímo spínači, ale spínače ovládají polovodičová relé, která spínají napájení topných spirál.



Obr. 5-8 Schéma montážních otvorů ovládacích prvků

PWM regulátory, polovodičové relé a zdroj je vhodné umístit do rozvodové skříňky, ze které následně vedeme kabely k ovládacímu panelu do potenciometrů, spínačů, přepínačů, do termostatu, k elektromotorům a k topným spirálám. Regulátor termostatu, přepínače a spínače jsou upevněny rovnou na ovládacím panelu, přičemž byly použity dva druhy. Čtyři páčkové spínače R13-28A [21] pro zapínání a vypínání elektromotorů a topných spirál. Dva přepínače B070E [22] určené ke změně napájení elektromotoru. Do topných spirál je přiváděno 230 V AC na rozdíl od elektromotorů a termostatu, kam se přivádí pouze 12 V DC. Připevnění přepínačů, spínačů a termostatu k ovládacímu panelu je provedeno jednoduše. Na komponentech je závit, takže je stačí protáhnout skrze otvor v plechu a dotáhnout maticí. Potenciometry je možné odpájet z koupěných PWM regulátorů a připevnit je na panel stejně jako spínače a kabelem je propojit s PWM regulátory).

Tab. 5-9 Parametry páčkového přepínače [21]

Spínač R13-28A		
Jmenovité napětí	$U_S$	250 V
Jmenovitý proud	$I_S$	10 A
Počet poloh	—	2
Počet pólů	—	1
Průměr montážního otvoru	$d_{SM}$	12 mm

Tab. 5-10 Parametry páčkového spínače [22]

Přepínač B070E		
Jmenovité napětí	$U_P$	120 V
Jmenovitý proud	$I_P$	3 A
Počet poloh	—	2
Počet pólů	—	2
Průměr montážního otvoru	$d_{PM}$	5,5 mm

Tab. 5-11 Parametry polovodičového relé [23]

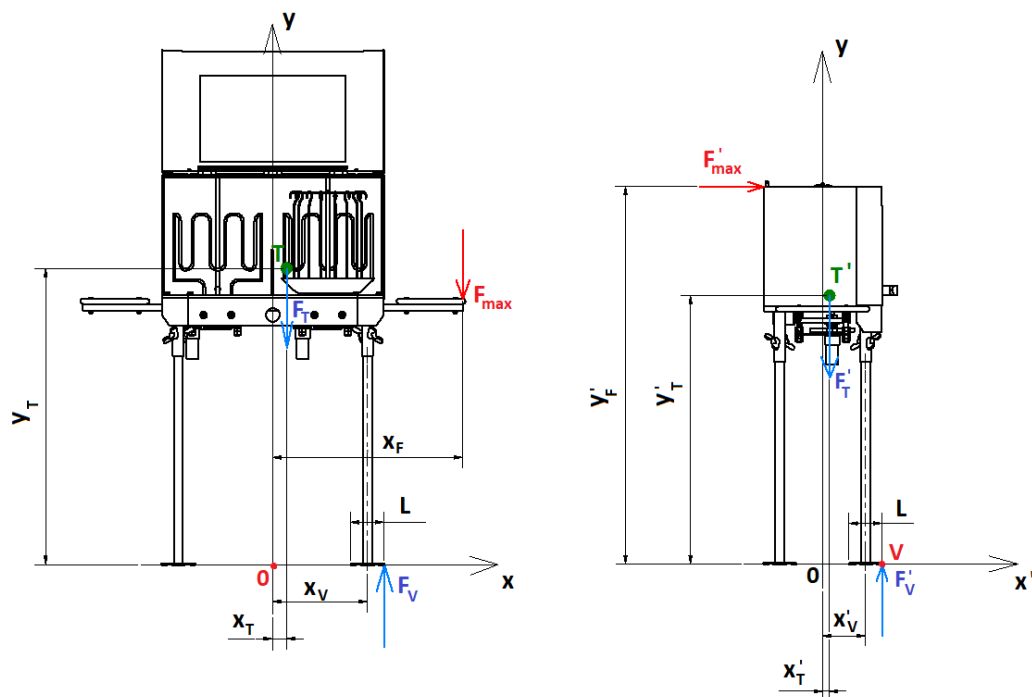
Polovodičové relé SSR-1028ZD3		
Vstupní napětí	$U_{SSRV}$	4-32 V
Spínané napětí	$U_{SSRS}$	24-280 V
Maximální pracovní proud	$I_{SSR}$	10 A

Gril je možno napájet jednou fází, ale při plném zatížení by byl odebírán proud vyšší než 16 A (příkon obou topných spirál  $P = 2 \cdot 2000 \text{ W}$ , napětí v síti  $U = 230 \text{ V} \rightarrow I = P/U$ ), což překračuje maximální zatížitelnost běžných jednofázových zásuvek. Proto jsem zvolil třífázové napájení, kdy jedna fáze je použita pro napájení jedné topné spirály, druhá fáze pro napájení druhé topné spirály a třetí fáze pro pohon elektromotorů.

Rozvodovou skříň můžeme umístit například pod jednu desku na kraji grilu.

## 5.7 Stabilita grilu

Důležitou součástí funkčního zahradního grilu je jeho stabilita. Gril nesmí mít v žádné pracovní poloze tendenci se převrátit. Proto zde byl proveden výpočet stability viz. příloha. Podstava grilu se skládá z navařené destičky. Větší délka znamená větší vůle, takže síla potřebná k vymezení této vůle se zvýší. Při překročení maximální síly by došlo k vymezení vůle a tím porušení statické rovnováhy (gril by se začal naklápět na stranu). Umístění působení této síly jsem volil na kraj desky. V případě že by se někdo o gril opřel, nesmí dojít k převrácení.



Obr. 5-9 Schémata zatížení z hlediska stability grilu

Zahrnuté parametry pro výpočet:

- Těžiště a hmotnosti grilu v různých pracovních polohách
- Délka podstavy:  $L = 98,7 \text{ mm}$
- Možnosti zatížení

Tab. 5-12 Výsledné hodnoty maximální zátěžné síly z hlediska stability

Výsledky stability		
Maximální zatížení konce desky (otevřený gril, nadstavec na jedné straně)	$F_{max}$	560 N
Maximální zatížení působící na zadní část grilu (zavřený gril, bez nadstavců)	$F_{max}'$	55 N

## 6 DISKUZE

Gril je od začátku navržený pro kusovou výrobu. Proto jsem volil základní technologické operace výroby, tedy řezání, soustružení, frézování, vrtání a svařování. Některé navržené součásti jsou naddimenzované a v případě sériové výroby by muselo dojít k jejich optimalizaci.

Pohon jsem vyřešil použitím stejnosměrných komutátorových elektromotorů. Tato volba byla učiněna především kvůli snadné regulaci. Další možností bylo užití krokových elektromotorů, ty jsou ale obtížněji regulovatelné, jelikož vyžadují složitější digitální elektronické řízení.

Při zkoumání stability jsem se zaměřil na nejnebezpečnější možné situace, které by mohly nastat. Gril má velmi dobrou stabilitu na širší straně, ale na užší straně je riziko převrácení grilu podstatně vyšší. V případě požadavku na zvýšení bezpečnosti by muselo dojít k úpravě podstavce nebo snížení těžiště grilu.

Vzhledem k typům vertikálních grilů na trhu jsem se také snažil dosáhnout co nejnižší výrobní ceny. Celkovou cenu za jednotlivé komponenty bez zahrnutí nákladů za opracování odhaduji na 13 000 Kč. Tato částka se pohybuje v rozmezí cen malých kuchyňských vertikálních grilů a velkých grilů do provozu s rychlým občerstvením. Na celé konstrukci jsou nejdražší nerezové plechy tvořící stěny grilu. Ty lze nahradit levnějšími plechy z uhlíkové oceli natřené žáruvzdornou barvou. Avšak vzhledem k manipulaci s potravinami uvnitř grilu není tato varianta příliš vhodná.



## 7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci bylo mým úkolem navrhnout vertikální gril pro zahradní použití s regulovatelnými otáčkami a teplotou. Nejprve jsem se zabýval koncepčními řešeními a způsoby provedení grilů. Součástí byly hlavní rozměrové parametry grilu, způsoby otevírání, technologie výroby a montáže. Dále jsem zkoumal možnosti použití elektrických pohonů a jejich regulace a typy tepelných zdrojů pro dosažení grilovacích teplot. Pro zvolenou koncepci byl proveden konstrukční návrh, kde byla provedena kontrola několika konstrukčních uzlů, jako kontrola z hlediska mezního stavu pružnosti pro hřídel, kolík a svarový spoj. Obsahem je také návrh ložisek, třecího převodu, tažné pružiny a v neposlední řadě posuzování stability grilu.

Hlavní rozměry grilu byly navrženy tak, aby jej bylo možné snadno převážet autem. Gril má na délku 1100 mm, na šířku 350 mm, na výšku včetně podstavy 1130 mm a v případě demontáže podstavy 524 mm.

Regulace otáček byla vyřešena modulací šířky pulzu napětí přiváděného na stejnosměrný komutátorový elektromotor. Tento elektromotor navíc umožňuje změnou polarity přepínat smysl otáčení.

Jako zdroj tepla byly použity dvě odporové spirály s příkonem 2000 W na každé. Regulování teploty uvnitř grilu je dosaženo termostatem.

Ovládání elektrotechniky (topné spirály, elektromotory, PWM regulátory, termostat) je řešeno pomocí přepínačů, spínačů a potenciometrů. Kvůli vysoké zátěži při možném jednofázovém napájení je gril napájen třífázově.

Bylo také vypracováno schéma ovládacího obvodu a provedena výkresová dokumentace vybraných dílů a sestav.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Levné vertikální grily. *Alza* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/nejprodavanejsi-nejlepsi-vertikalni-grily/18868778.htm#f&cst=1&cud=1&pg=1&pn=7&prod=>.
- [2] Potřeby pro rychlá občerstvení. *Expondo* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.expondo.cz/potreby-pro-rychla-obcerstveni/>.
- [3] CLATRONIC DVG 3686. *Alza* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/clatronic-dvg-3686-d5267136.htm>.
- [4] Doner Kebab Grills. *Maxima* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.maximakitchenequipment.com/en/cooking-equipment/doner-kebab-grill/>.
- [5] Maxima Doner Kebab. *Maxima* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: [https://www.maximakitchenequipment.com/en/premium-doner-kebab-grill-4-burners-gas.html?channable=027449696400313934373435333036a5&gclid=CjwKCAjwnPOEBhA0EiwA609ReQ7kIpIThbXI0WIKTeal0\\_imMTBfgiHj5efLVoaFrn9oab6I6Ds4wxoCamkQAvD\\_BwE](https://www.maximakitchenequipment.com/en/premium-doner-kebab-grill-4-burners-gas.html?channable=027449696400313934373435333036a5&gclid=CjwKCAjwnPOEBhA0EiwA609ReQ7kIpIThbXI0WIKTeal0_imMTBfgiHj5efLVoaFrn9oab6I6Ds4wxoCamkQAvD_BwE).
- [6] Jak se dělá elektromotor. *ELEKTRO* [online]. 2011 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42921.pdf>.
- [7] SKALICKÝ, J. *Elektrické servopohony – skriptum*. 2. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky, 2001, 86 s. ISBN 80-214-1978-4.
- [8] Princip stejnosměrných motorů. *Profi Elekrika* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/princip-stejnosmernych-motoru>.

- [9] Krokový motor. *TME* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/41861/krokovy-motor-druhy-a-priklady-aplikaci-krokovych-motoru/>.
  
- [10] SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7.vydání, VUTUM, Brno 2010, 1186 s, ISBN 978-80-214-2629-0.
  
- [11] Loctite 222. *LepidlaTmely* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.lepidlatmely.cz/loctite-222-10-ml-zajistovac-sroubu-np/>.
  
- [12] GROSS, Jiří. DC motor série SGS430 s čelní převodovkou. *StejnoseměrnéMotory* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.dcmotory.cz/dc-motory-celni-prevodovka/serie-sgs430.html>.
  
- [13] LRS-50-12: napájecí zdroj. *TME* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15] Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/lrs-50-12/napajeci-zdroje-pro-vestavbu/meanwell/>.
  
- [14] Regulátor PWM. *Drátek* [online]. 2018 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/818/1508318138v2.pdf>.
  
- [15] KŘÍŽ, Rudolf, Karel WEIGNER a Jiřina AUDYOVÁ. *Stavba a provoz strojů II: Převody* [online]. Praha: SNTL, 1978 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.pslib.cz/ales.najman/archiv%202019/%20SPS%20-%20literatura/SPS-2---Převody.pdf>.
  
- [16] VYSLOUŽIL, Jan. *Standartní šroubovitě pružiny: Tažné* [online]. Hulín [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <http://tempwebmiumusersrecovery.blob.core.windows.net/users/108121/assets/625fe05bd798ac0ac29e5e173645b4f0/tazne.pdf>.

- [17] 6001-2Z. *SKF* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6001-2Z>.
- [18] Plastická maziva. *SKF* [online]. 2014 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: [https://www.skf.com/binaries/pub54/Images/0901d19680351c11-14835\\_NEW\\_plasticka-maziva\\_LOW\\_tcm\\_54-163433.pdf](https://www.skf.com/binaries/pub54/Images/0901d19680351c11-14835_NEW_plasticka-maziva_LOW_tcm_54-163433.pdf).
- [19] Topná spirála pro uzení. *Kaiser* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: [https://www.udirny.cz/topna-spirala/?gclid=Cj0KCQjw1PSDBhDbARIsAPeTqrdgu9Q4EAq2k05Tmo3LEy\\_VT0KrPSxTNKVvANa6X59V-ha4zNHKIvQaAtqhEALw\\_wcB](https://www.udirny.cz/topna-spirala/?gclid=Cj0KCQjw1PSDBhDbARIsAPeTqrdgu9Q4EAq2k05Tmo3LEy_VT0KrPSxTNKVvANa6X59V-ha4zNHKIvQaAtqhEALw_wcB).
- [20] Universální termostat do trouby 50-300°C. *Kup a oprav* [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.kupaoprav.cz/univerzalni-termostat-do-trouby-50-300-c/?gclid=Cj0KCQ>.
- [21] Páčkový spínač jednoduchý. *Kůs* [online]. Plzeň [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.radiokus.cz/Packovy-spinac-jednoduchy-10A-250V-aretovany-d4811.htm#detail-anchor-parameters>.
- [22] Páčkový spínač do panelu. *GM electronic* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/p-b070e>.
- [23] SSR-1028ZD3: polovodičové relé. *TME* [online]. 2021 [cit. 2021-05-15] Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/ssr-1028zd3/jednofazova-rele-s-vystupem-ssr/qlt-power/>.

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

### 9.1 Použité zkratky

PWM	pulsní šířková modulace
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud

### 9.2 Použité symboly

$h$	délka svaru
$z$	šířka svaru
$m_{FC1}, m_{FC2}$	hmotnosti funkčních částí
$\tau_{DS}$	dovolené smykové napětí svaru
$\tau_1, \tau_2$	smykové napětí ve svaru
$P$	výkon elektromotoru
$n_l$	výstupní otáčky elektromotoru
$U$	jmenovité napětí elektromotoru
$I$	jmenovitý proud elektromotoru
$\eta$	účinnost elektromotoru
$M_{max}$	maximální trvalý moment elektromotoru
$m_M$	hmotnost elektromotoru
$U_R$	napětí regulátoru
$I_R$	trvalý proud regulátoru
$P_{max}$	maximální spínaný výkon regulátoru
$f_R$	frekvence šířkové modulace pulzu

$DLC_{min}$	minimální střída regulátoru
$DLC_{max}$	maximální střída regulátoru
$m_R$	hmotnost regulátoru
$i_{12}$	převodový poměr třetího soukolí
$D_1, D_2$	průměry třecích kol
$\psi$	skluzový součinitel
$n_1$	otáčky elektromotoru
$F_{iT}$	maximální obvodová síla nadstavce
$k_{np}$	součinitel bezpečnosti prokluzu
$f$	součinitel tření
$M_{k1}, M_{k2}, M_k$	krouticí momenty
$a_{12}$	osová vzdálenost
$F_{t12}$	obvodová síla třecích kol
$F_n$	přítlačná síla třecích kol
$b$	šířka třecích kotoučů
$F_p$	pracovní síla pružiny
$F_o$	předpětí pružiny
$d$	průměr drátu pružiny
$D$	střední průměr pružiny
$n_a$	počet závitů pružiny
$r_1$	poloměr závěsného oka
$r_2$	poloměr zakřivení drátu
$k_n$	návrhový součinitel
$k$	tuhost pružiny
$L_0, L_P$	volná a pracovní délka pružiny
$k_{kP}, k_{k1}, k_{k2}$	bezpečnosti pružiny

$F_T$	axiální síla působící na hřídel
$k_1, k_{O1}, k_2, k_5$	bezpečnosti hřídele z hlediska MSP
$d_k$	průměr kolíku
$p_D$	dovolené tlakové napětí
$k_{kS}, k_{kO}$	bezpečnosti kolíku na stříh a otlačení
$U_S, U_P$	jmenovité napětí spínače a přepínače
$I_S, I_P$	jmenovitý proud spínače a přepínače
$d_{SM}, d_{PM}$	montážní otvory spínače a přepínače
$U_{SSRV}$	vstupní napětí polovodičového relé
$U_{SSRS}$	spínané napětí polovodičového relé
$I_{SSR}$	maximální pracovní proud polovodičového relé
$L$	délka podstavy
$F_{max}$	maximální zatížení na širší straně grilu
$F_{max}'$	maximální zatížení na užší straně grilu

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Vertikální gril Clatronic DVG 3686 [3] .....	14
Obr. 2-2 Gril na kebab [5] .....	15
Obr. 2-3 Schéma asynchronního motoru [6] .....	16
Obr. 2-4 Schéma komutátorového elektromotoru [8] .....	17
Obr. 4-1 Schéma koncepčního řešení č.1 .....	19
Obr. 4-2 Schéma koncepčního řešení č.2 .....	20
Obr. 4-3 Schéma koncepčního řešení č.3 .....	21
Obr. 5-1 Základní konstrukce grilu.....	23
Obr. 5-2 Místa svarů kontrolované výpočtem .....	24
Obr. 5-3 Schéma otevřených dvířek grilu.....	25
Obr. 5-4 Schéma funkční části grilu .....	27
Obr. 5-5 Schéma nejvíce nebezpečných míst na hřídeli .....	32
Obr. 5-6 Schéma uložení ložisek na hřídeli .....	33
Obr. 5-7 Topná spirála Kaiser [19] .....	35
Obr. 5-8 Schéma montážních otvorů ovládacích prvků .....	37
Obr. 5-9 Schémata zatížení z hlediska stability grilu .....	39



## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. 4-1 Porovnání vlastností jednotlivých koncepcí .....	22
Tab. 5-1 Výsledná napětí svarů.....	24
Tab. 5-2 Parametry komutátorového elektromotoru [12] .....	28
Tab. 5-3 Parametry zdroje [13] .....	28
Tab. 5-4 Parametry PWM regulátoru [14].....	29
Tab. 5-5 Výsledné hodnoty třecího převodu.....	30
Tab. 5-6 Výsledné hodnoty tažné pružiny .....	31
Tab. 5-7 Výsledné hodnoty bezpečností v nebezpečných místech na hřídeli .....	33
Tab. 5-8 Výsledné hodnoty bezpečností kolíku .....	34
Tab. 5-9 Parametry páčkového přepínače [21].....	38
Tab. 5-10 Parametry páčkového spínače [22] .....	38
Tab. 5-11 Parametry polovodičového relé [23].....	38
Tab. 5-12 Výsledné hodnoty maximální zátěžné síly z hlediska stability .....	39

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Výpočtová zpráva

Schéma ovládacího obvodu

Výkresy:

1-100 Vertikální gril

1-151 Plech\_Spodní

1-152 Plech\_Boční

2-200 Konstrukce grilu

2-201 Hřídel

2-202 Třecí kolo č.1

2-203 Třecí kolo č.2

2-204 Víko

2-205 Plech\_Elektromotor

5-500 Nadstavec 1